

## Laser machine for working (machining) a workpiece and method for controlling a laser machine

Publication number: DE4331262

Publication date: 1995-03-16

Inventor: WISSNER ROLF DIPL ING (DE)

Applicant: WISSNER ROLF (DE)

Classification:

- International: **B23K26/03; B23K26/14; B23K26/02; B23K26/14;**  
(IPC1-7): B23K26/04

- european: B23K26/03; B23K26/14

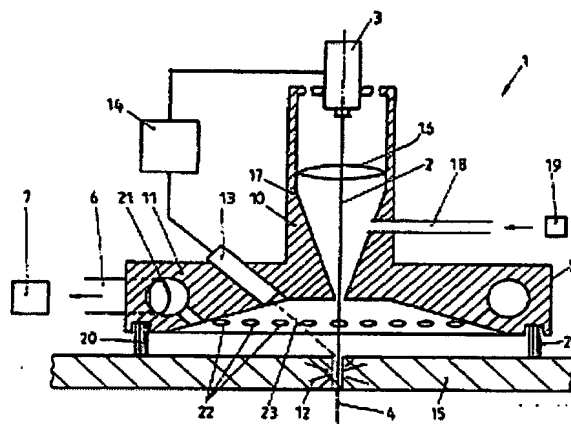
Application number: DE19934331262 19930915

Priority number(s): DE19934331262 19930915

Report a data error here

### Abstract of DE4331262

A laser machine 1 is provided for working a workpiece 15 with a laser beam 2, it being possible for a laser which emits the laser beam 2 and/or for an optical system 16 which focuses the laser beam 2 to be moved relative to the workpiece 15 in particular in the direction 4 of the major extent of the laser beam 2, and in a working position of the laser 3 and/or the optical system 16 the laser beam 2 being annularly surrounded, before it strikes the workpiece 15, perpendicularly to its direction 4 of the major extent by first shielding elements 10, and scattered light 12 of the laser beam 2 reflected from the workpiece 15 being caught above the workpiece 15 by second shielding elements 11 extending perpendicularly to the direction 4 of the major extent of the laser beam 2. A sensor 13 assigned to the movable laser 3 and/or the movable optical system 16 is provided for local temperature measurement in a locally defined region, the point of incidence of the laser beam 2 upon the workpiece 15 coming within the locally defined region only in the working position of the laser 3 and/or the optical system 16. A switching-off device 14 is provided for the laser 3, which switches off the laser 3 in dependence on the temperature measured by the sensor 13 when the temperature drops below a preset minimum value.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 31 262 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 23 K 26/04**

②1 Aktenzeichen: P 43 31 262.4  
②2 Anmeldetag: 15. 9. 93  
④3 Offenlegungstag: 16. 3. 95

DE 43 31 262 A 1

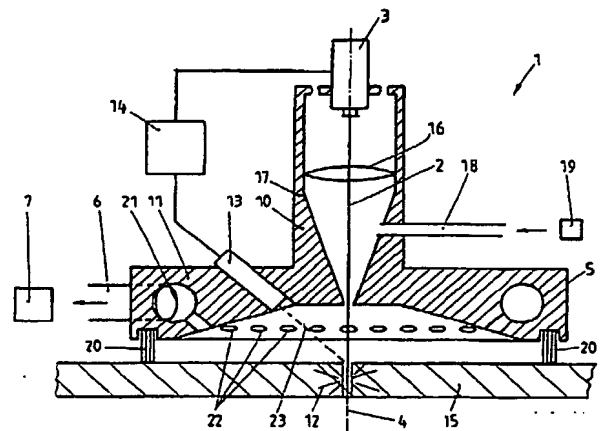
⑦1 Anmelder:  
Wissner, Rolf, Dipl.-Ing., 37079 Göttingen, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Rehberg, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 37085 Göttingen

⑦2 Erfinder:  
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Lasermaschine zur Bearbeitung eines Werkstücks und Verfahren zur Steuerung einer Lasermaschine

⑤7 Eine Lasermaschine 1 ist zur Bearbeitung eines Werkstücks 15 mit einem Laserstrahl 2 vorgesehen, wobei ein den Laserstrahl 2 abgebender Laser und/oder eine den Laserstrahl 2 fokussierende Optik 16 insbesondere in der Hauptstreckungsrichtung 4 des Laserstrahls 2 relativ zu dem Werkstück 15 verfahrbar ist und wobei in einer Arbeitsstellung des Lasers 3 bzw. der Optik 16 der Laserstrahl 2 vor seinem Auftreffen auf das Werkstück 15 senkrecht zu seiner Hauptstreckungsrichtung 4 durch erste Abschirmelemente 10 ringförmig umgeben ist und von dem Werkstück 15 reflektiertes Streulicht 12 des Laserstrahls 2 oberhalb des Werkstücks 15 durch senkrecht zu der Hauptstreckungsrichtung 4 des Laserstrahls 2 ausgedehnte zweite Abschirmelemente 11 aufgefangen wird. Ein dem verfahrbaren Laser 3 bzw. der verfahrbaren Optik 16 zugeordneter Sensor 13 ist zur lokalen Temperaturerfassung in einem örtlich begrenzten Bereich vorgesehen, wobei der Auftreffpunkt des Laserstrahls 2 auf das Werkstück 15 nur in der Arbeitsstellung des Lasers 3 bzw. der Optik 16 in den örtlich begrenzten Bereich fällt. Eine Abschalteinrichtung 14 ist für den Laser 3 vorgesehen, die den Laser 3 in Abhängigkeit von der von dem Sensor 13 erfaßten Temperatur bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindesttemperatur abschaltet.



DE 43 31 262 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 95 408 081/429

11/28

Die Erfindung bezieht sich auf eine Lasermaschine zur Bearbeitung eines Werkstücks mit einem Laserstrahl, wobei ein den Laserstrahl abgebender Laser und/oder eine den Laserstrahl fokussierende Optik insbesondere in der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls relativ zu dem Werkstück verfahrbar ist und wobei in einer Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik der Laserstrahl vor seinem Auftreffen auf das Werkstück senkrecht zu seiner Haupterstreckungsrichtung durch erste Abschirmelemente ringförmig umgeben ist und von dem Werkstück reflektiertes Streulicht des Laserstrahls oberhalb des Werkstücks durch senkrecht zu der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls ausgehende zweite Abschirmelemente aufgefangen wird. Dabei können einzelne Bauteile der Lasermaschine sowohl die Funktion von ersten als auch von zweiten Abschirmelementen aufweisen. Weiterhin bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Steuerung einer solchen Lasermaschine.

Beim Betrieb von Lasermaschinen sind besondere Sicherheitsvorkehrungen zu beachten. Bereits vergleichsweise geringe Strahlendosen Laserlicht können zu temporären Schädigungen des menschlichen Auges führen. Aber auch ein Auftreffen von Laserlicht auf die menschliche Haut ist zu vermeiden. Die besondere Schwierigkeit, beim Betrieb einer Lasermaschine den Kontakt mit dem Laserstrahl zu verhindern, beruht zum einen darauf, daß der Laserstrahl beim Hindurchtreten durch Luft selbst nicht sichtbar ist, zum anderen tritt beim Auftreffen des Laserstrahls auf Oberflächen Streulicht in verschiedensten Richtungen auf.

Es ist daher üblich, Lasermaschinen für den Betrieb vollständig zu kapseln, um ein Austreten von Laserstrahlung zu verhindern. In Extremfällen sind separate Räume für die Lasermaschine vorgesehen, wobei die Bedienung der Lasermaschine aus einem zweiten Raum heraus erfolgt. Der hiermit verbundene Aufwand ist erheblich. Andererseits sind an das Bedienpersonal für Lasermaschinen mit zugänglichen Laserstrahlen hohe Ausbildungsanforderungen zu stellen, um Arbeitsunfälle mit Verletzung durch Laserstrahlung zu vermeiden. Dennoch verbleibt ein nicht unerhebliches Restrisiko, und auch die Schulung des Bedienpersonals ist als aufwendig anzusehen.

Vorteilhaft stellt sich bei Lasermaschinen der eingangs beschriebenen Art heraus, daß der Laserstrahl aufgrund der ersten Abschirmelemente nicht zugänglich ist und Streulicht außerhalb der zweiten Abschirmelemente nicht in nennenswertem Umfang auftritt. In Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik besteht somit keine nennenswerte Gefährdung von Bedienpersonal durch Laserstrahlung. Beim Wechsel des Werkstücks muß jedoch der Laser bzw. die Optik aus der Arbeitsstellung und in diese zurück verfahren werden. Hierbei tritt eine Verletzungsgefahr durch Laserstrahlung auf.

Mechanische Taster und klassische Abstandsensoren sind zur Feststellung, ob der Laser bzw. die Optik sich in der Arbeitsstellung befinden und daher der Betrieb des Lasers gefahrlos möglich ist, nicht geeignet. Gerade im Kantenbereich des Werkstücks treten hier Fehlmessungen auf. Ähnliche Schwierigkeiten gibt es bei plattenförmigen Werkstücken, aus denen bereits Material herausgetrennt wurde. Bei mechanischen Tastern kommt das Problem eines Verkratzens der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks hinzu.

Lasermaschinen der eingangs beschriebenen Art sind

beispielsweise aus der DD-PS 2 24 793, der EP-OS 0 330 565 und dem DE-GM 92 15 284 bekannt. Hierbei sind die ersten Abschirmelemente zur Ausbildung eines auf die Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks ausgerichteten Düsenkörpers für Druckluft vorgesehen. Die zweiten Abschirmelemente begrenzen einen Absaugraum für bei der Bearbeitung des Werkstücks entstehende Laserdämpfe.

Neben der Verletzungsgefahr durch Laserstrahlung besteht beim Betrieb einer Lasermaschine auch die Möglichkeit, daß sich das zu bearbeitende Werkstück im Bereich des Auftreffpunkts des Laserstrahls entzündet. Eine solche Entzündung kann die Zerstörung der gesamten Lasermaschine zur Folge haben. In diesem Zusammenhang ist auch beachtlich, daß die Absaugvorrichtung einer Lasermaschine, sofern kein Schutzgas eingesetzt wird, eine ständige Sauerstoffzufuhr zu dem Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück mit sich bringt.

Aber auch Defekte in der Absaugvorrichtung können zu Problemen bei dem Betrieb einer Lasermaschine führen. Die durch den Laserstrahl freigesetzten Materialdämpfe können sich bei mangelnder Absaugung in unkontrollierter Weise auf der Oberfläche des Werkstücks oder der den Laserstrahl fokussierenden Optik niederschlagen und führen zu deren Beschädigung.

Beim Schneiden von Werkstücken mit einem Laserstrahl ist insbesondere ein sog. kalter Schnitt zu bevorzugen. D. h., daß das Werkstück durch den auftreffenden Laserstrahl gerade nur soviel erhitzt wird, daß die gewünschte Durchtrennung des Werkstücks erfolgt. Wird hingegen das Werkstück zu sehr erwärmt, kommt es zu ungleichmäßigen Schnittkanten. Beispielsweise beim Schneiden von Stahl treten dann sog. Schweißperlen in der Nähe des Schnitts auf.

Bei einer Lasermaschine, bei der ein Laserstrahl zum Aufschmelzen eines Lötmetalls vorgesehen ist, ist es bekannt, die gewünschten Betriebsbedingungen durch eine Temperaturerfassung am Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Lötmetall ein zustellen. Sicherheitstechnische Aspekte finden hierbei unmittelbar keine Berücksichtigung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Lasermaschine der eingangs beschriebenen Art derart weiterzuentwickeln, daß ihr Betrieb hohen sicherheitstechnischen Anforderungen genügt und insbesondere eine Verletzungsgefahr für das Bedienpersonal ausgeschlossen wird. Weiterhin soll ein grundsätzliches Verfahren zur Steigerung der Betriebssicherheit von Lasermaschinen der eingangs beschriebenen Art aufgezeigt werden.

Bei einer Lasermaschine der eingangs beschriebenen Art wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß ein dem verfahrbaren Laser bzw. der verfahrbaren Optik zugeordneter Sensor zur lokalen Temperaturerfassung in einem örtlich begrenzten Bereich vorgesehen ist, wobei der Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück nur in der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik in den örtlich begrenzten Bereich fällt, und daß eine Abschalt-einrichtung für den Laser vorgesehen ist, die den Laser in Abhängigkeit von der von dem Sensor erfaßten Temperatur bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindesttemperatur abschaltet. In der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik erfaßt der Sensor den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück. Er erfaßt damit auch die dort durch den Laserstrahl hervorgerufene Erwärmung des Werkstücks. Diese Erwärmung ist umgekehrt ein zuverlässiger Beleg dafür, daß sich der

Laser bzw. die Optik in der Arbeitsstellung über dem Werkstück befindet. Tritt die Erwärmung nicht auf, so weist der Laser bzw. die Optik einen größeren Abstand zu dem Werkstück auf, und der Laser kann nicht sicher betrieben werden. Selbst wenn sich überhaupt kein Werkstück im Bereich des Laserstrahls befindet, wird dies durch die nicht eintretende Erwärmung in dem überwachten Bereich festgestellt. Auch in diesem Fall erfolgt eine Abschaltung des Lasers, da ein Betrieb der Lasermaschine ohne Werkstück nicht sicher möglich ist. Ebenso wird erkannt, wenn der Laser defekt ist und keinen Laserstrahl abgibt. Unter diesen Umständen ist es zwar unnötig, den Laser abzuschalten, die Abschalt-einrichtung gibt aber sinnvollerweise ein Warnsignal ab.

Es versteht sich, daß die Abschalteinrichtung erst nach einer gewissen Verzögerungszeit nach dem Einschalten des Lasers zu aktivieren ist. Diese Zeit ist jedoch vergleichsweise kurz, da die den üblichen Betriebsbedingungen entsprechende Aufwärmung des Werkstücks im Bereich des Laserstrahls schnell einsetzt. Bei einem Unterschreiten der vorgegebenen Mindesttemperatur durch die von dem Sensor erfaßte Temperatur kann die Abschalteinrichtung zunächst ein Warnsignal abgeben, um das Bedienpersonal zu alarmieren. Wenn jedoch auch dann keine korrekten Betriebsbedingungen hergestellt werden, schaltet die Abschalteinrichtung den Laser ab. Zum schnellen Abschalten lassen sich solche Laser, wie sie bei Lasermaschinen üblich sind, in einen sog. Interlock-Mode überführen.

Auch Defekte in der Absaugeinrichtung der Lasermaschine können durch ein Unterschreiten der vorgegebenen Mindesttemperatur in dem von dem Sensor erfaßten, örtlich begrenzten Bereich registriert werden. Die bei unzureichender Absaugung im Bereich des Laserstrahls verbleibenden Materialdämpfe führen häufig zu einer Defokussierung des Laserstrahls, wodurch sich die Temperatur verringert, auf die das Material durch den Laserstrahl erwärmt wird.

Die Abschalteinrichtung kann den Laser zusätzlich bei Überschreiten einer vorgegebenen Höchsttemperatur abschalten. Eine geeignet vorgegebene Höchsttemperatur wird beispielsweise dann überschritten, wenn sich das zu bearbeitende Werkstück im Bereich des auftreffenden Laserstrahls entzündet. Bei einer optimal angepassten Höchsttemperatur kann ein Entzünden des Werkstücks auch präventiv verhindert werden. Darüberhinaus sind durch die Vorgabe der Höchsttemperatur Betriebsbedingungen, die den Anforderungen an einen kalten Schnitt nicht gerecht werden, vermeidbar. So führen die beim Schneiden von Stahl unter ungünstigen Bedingungen auftretenden Schweißperlen zu einer leicht erfaßbaren Temperaturerhöhung an der dem Laser zugekehrten Oberfläche des Werkstücks.

Im einfachsten Fall wird der Sensor mit dem Laser bzw. der Optik in der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls verfahren und befindet sich in der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik in unmittelbarer Nachbarschaft des Auftreffpunkts des Laserstrahls auf das Werkstück. In diesem Bereich ist zwar die Beschädigungsfahr des Sensors beispielsweise durch kondensierende Materialdämpfe oder abgesprengte Teile des Werkstücks nicht unerheblich, dem kann aber weitgehend durch eine geschickte Auswahl der genauen Lage des Sensors begegnet werden. Wichtig ist in jedem Fall, daß der Sensor Temperaturveränderungen im Bereich des Auftreffpunkts des Laserstrahls auf das Werkstück schnell erfaßt, d. h. nicht zu träge ist. Um diese Eigenschaften zu garantieren, sind beispielsweise dünn-schich-

tige Temperaturmeßwiderstände geeignet.

Der Sensor kann aber auch ein Infrarotsensor sein, dessen Erfassungsrichtung einen Winkel mit der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls einschließt, der mit dem Laser bzw. der Optik in der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls verfahren wird und der in der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück erfaßt. Ein Infrarotsensor ist vorteilhaft außerhalb der unmittelbaren Nähe des Auftreffpunkts des Laserstrahls auf das Werkstück anbringbar und dennoch geeignet, den Auftreffpunkt mit ausreichender Empfindlichkeit zu erfassen. Ggfs. ist dem Sensor eine geeignete Infrarot-Optik vorzuschalten. Durch die angewinkelte Anordnung des Infrarotsensors zu der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls ist sichergestellt, daß der Infrarotsensor den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück und die damit verbundene Temperaturerhöhung des Werkstücks nur dann registriert, wenn sich der Laser bzw. die Optik genau in der einzuhaltenden Arbeitsstellung über dem Werkstück befindet.

Der Sensor kann in einem Absaugraum oder in einer Abluftleitung, über die Luft aus einem Absaugraum abgesaugt wird, angeordnet sein, wobei der Laserstrahl durch den Absaugraum auf das Werkstück trifft. Im Bereich des Auftreffpunkts des Laserstrahls findet nicht nur eine Erwärmung des Werkstücks, sondern auch der den Auftreffpunkt umgebenden Luft statt. Diese Luft wird bei Lasermaschinen in aller Regel abgesaugt, um die durch den Laserstrahl freigesetzten Materialdämpfe abzuführen. In der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik wird neben der Luft aus der unmittelbaren Umgebung des Auftreffpunkts des Laserstrahls auf das Werkstücks nur wenig zusätzliche Luft abgesaugt. Somit weist die abgesaugte Luft eine signifikante Erwärmung auf. Die Erwärmung ist mit dem Sensor in dem Absaugraum oder in der Abluftleitung, über die die Luft aus dem Absaugraum abgesaugt wird, erfaßbar. Befindet sich der Laser bzw. die Optik hingegen außerhalb der Arbeitsstellung, wird über den den Laserstrahl umgebenden Absaugraum im wesentlichen unerwärmte Umgebungsluft angesaugt, wodurch die erwartete Temperaturerhöhung nicht eintritt. Wenn die Absaugung aufgrund eines Defekts unterbleibt, ist entweder eine unternormale Temperaturerhöhung in dem Absaugraum oder der Absaugleitung gegeben, falls die erwärmte Luft nicht an den Sensor herangeführt wird, oder es tritt eine übernormale Temperaturerhöhung auf, da keine Abkühlung durch einen kontinuierlich angesaugten Luftstrom hervorgerufen wird. In beiden Fällen erfolgt aufgrund der von dem Sensor erfaßten Temperaturveränderung eine Abschaltung des Lasers.

Es versteht sich, daß es sich bei der Abluft, deren Temperatur mit dem Sensor erfaßt wird, auch um ein Schutzgas handeln kann, mit dem eine Schutzgasatmosphäre an dem Auftreffpunkt des Lasers auf das zu bearbeitende Werkstück geschaffen wird.

Zusätzlich zu dem Sensor in dem Absaugraum um den Laserstrahl kann in einem zweiten Absaugraum ein zweiter Sensor vorgesehen sein, wobei der zweite Absaugraum neben dem ersten Absaugraum angeordnet ist und wobei die Abschalteinrichtung den Laser in Abhängigkeit von der Differenz der von den beiden Sensoren erfaßten Temperaturen bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindesttemperaturdifferenz abschaltet. Die Temperaturerhöhung an dem Sensor in dem ersten Absaugraum bzw. in der Abluftleitung ist auch in der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik unter norma-

len Betriebsbedingungen der Lasermaschine nicht besonders hoch. Um eine zuverlässigere Kontrolle der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik sicherzustellen, ist es daher sinnvoll, einen zweiten Sensor vorzusehen, der die Temperatur der Luft erfaßt, die nicht im Bereich des Auftreffpunkts des Lasers auf das Werkstück erwärmt wird. Ein für den zweiten Sensor geeigneter Ort ist ein zweiter, dem ersten Absaugraum benachbarter, beispielsweise diesen ringförmig umgebender Absaugraum. Bei Ausbildung der beiden Sensoren als Thermoelemente können diese unmittelbar in Form einer Differenzschaltung angeordnet sein.

Zusätzlich zu dem Sensor zur Temperaturerfassung kann ein UV-Sensor zur Registrierung von UV-Strahlung vorgesehen sein, der in der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück sowie dessen Umgebung erfaßt, wobei die Abschalteneinrichtung den Laser beim Auftreten von UV-Strahlung mit einer vorgegebenen Mindestintensität abschaltet. Die Entzündung des Werkstücks im Bereich des auftreffenden Laserstrahls ist mit einer signifikanten Entwicklung von UV-Strahlung verbunden. UV-Strahlung tritt auch dann auf, wenn beim Laserschneiden zu heiße Betriebsbedingungen vorliegen und flüssige Materialtropfen, sog. Schweißperlen, freigesetzt werden. In beiden Fällen führt das Registrieren der UV-Strahlung durch den UV-Sensor zu einem sachgerechten Abschalten des Lasers.

Bei dem Verfahren zur Steuerung der Lasermaschine der eingangs beschriebenen Art wird die erfindungsgemäße Aufgabe grundsätzlich dadurch gelöst, daß in einem örtlich begrenzten Bereich eine Temperatur erfaßt wird, wobei der Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück nur in der Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik in den örtlich begrenzten Bereich fällt, und daß der Laser abgeschaltet wird, wenn die erfaßte Temperatur eine vorgegebene Mindesttemperatur unterschreitet. Zusätzlich kann der Laser auch dann abgeschaltet werden, wenn die erfaßte Temperatur eine vorgegebene Höchsttemperatur überschreitet. Darüber hinaus kann in der Umgebung des Auftreffpunkts des Laserstrahls auf das Werkstück auftretende UV-Strahlung zusätzlich zu der Temperaturerfassung registriert werden, wobei der Laser beim Auftreten von UV-Strahlung mit einer vorgegebenen Mindestintensität abgeschaltet wird.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert und beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 bis 3 verschiedene Ausführungsformen der Lasermaschine in Arbeitsstellung und

Fig. 4 eine weitere Ausführungsform der Lasermaschine außerhalb ihrer Arbeitsstellung.

Die in Fig. 1 anhand ihrer hier wesentlichen Bestandteile wiedergegebene Lasermaschine 1 weist einen einen Laserstrahl 2 abgebenden Laser 3 auf. Der Laser 3 ist in der Haupterstreckungsrichtung 4 des Laserstrahls 2 und senkrecht dazu verfahrbar. Hierbei dient die Verfahrbarkeit in der Haupterstreckungsrichtung 4 zum Anfahren einer Arbeitsstellung über einem Werkstück 15, in der der Laser 3 hier dargestellt ist. Senkrecht zu der Haupterstreckungsrichtung 4 wird der Laser 3 bei der eigentlichen Bearbeitung des Werkstücks 15 verfahren. Zusammen mit dem Laser 3 wird ein Absauggehäuse 5 verfahren, durch das hindurch der Laserstrahl 2 auf das Werkstück 15 auftrifft. Das Luftabsauggehäuse 5 entspricht dem DE-GM 92 15 284 und ist über eine Absaugleitung 6 an eine Absaugpumpe 7 angeschlossen.

Das Absauggehäuse 5 weist an seiner dem Werkstück 15 zugekehrten Unterseite eine Austrittsöffnung 8 für den Laserstrahl 2 auf. Die Austrittsöffnung weist dabei einen vergleichsweise geringen Durchmesser auf, so daß der Laserstrahl 2 gerade ungehindert aus dem Absauggehäuse 5 heraustreten kann. In dem Luftabsauggehäuse 5 ist ein in etwa kegelförmig ausgebildeter Absaugraum 9 mit großem, nach oben gerichtetem Öffnungswinkel vorgesehen. In den Absaugraum 9 mündet die Absaugleitung 6 tangential ein, so daß in dem Absaugraum 9 eine umlaufende Wirbelströmung ausgebildet wird. Materialdämpfe, die von dem Laserstrahl 2 durch Verdampfung des Werkstücks 15 hervorgerufen werden, treten durch die Austrittsöffnung 8 für den Laserstrahl 2 in den Absaugraum 9 ein und werden dort zunächst radial aus dem Bereich des Laserstrahls 2 abgeführt und anschließend durch die Absaugleitung 6 abgesaugt.

In der dargestellten Arbeitsstellung des Lasers 3 und des Absauggehäuses 5 ist der Laserstrahl 2 vor seinem Auftreffen auf das Werkstück 15 ringförmig durch erste Abschirmelemente 10 ausbildende Teile des Absauggehäuses 5 umgeben. Gleichzeitig wird von dem Werkstück 15 reflektiertes Streulicht 12 des Laserstrahls 2 oberhalb des Werkstücks 15 durch senkrecht zu der Haupterstreckungsrichtung 4 ausgedehnte, zweite Abschirmelemente 11 ausbildende Teile des Absauggehäuses 5 aufgefangen. Auf diese Weise wird ein Austreten von Laserstrahlung in den dem Bedienpersonal zugänglichen Bereich der Lasermaschine 1 vollständig verhindert. Zur Sicherstellung, daß der Laser 3 nur dann betrieben wird, wenn er sich in seiner Arbeitsstellung befindet, sind ein Sensor 13 und eine Abschalteneinrichtung 14 vorgesehen. Der Sensor 13 ist in unmittelbarer Nähe des Auftreffpunkts des Laserstrahls 2 auf das Werkstück 15 an dem Absauggehäuse 5 angeordnet. Der Sensor 13 erfaßt dort die durch den Laserstrahl 2 hervorgerufene Erwärmung des Werkstücks 15. Wird eine Erwärmung auf eine vorgegebene Mindesttemperatur, die auch abhängig von dem Material des zu bearbeitenden Werkstücks 15 gewählt werden kann, erreicht und von dem Sensor 13 registriert, so befindet sich der Laser 3 mit dem Absauggehäuse 5 in der gewünschten Arbeitsstellung. Sobald der Laser 3 die Arbeitsstellung verläßt und ein größerer Spalt zwischen der Unterseite des Absauggehäuses 5 und der Oberseite des Werkstücks 15 entsteht, entfernt sich auch der Sensor 13 von dem Auftreffpunkt des Laserstrahls 2 auf das Werkstück 15. Der Sensor 13 ist so nicht mehr in der Lage, die Temperaturerhöhung des Werkstücks 15 am Auftreffpunkt des Laserstrahls 2 zu registrieren. Die vorgegebene Mindesttemperatur wird nicht mehr erreicht. Dies führt dazu, daß die mit dem Sensor 13 verbundene Abschalteneinrichtung 14 den Laser 3 abschaltet oder besser in seinen Interlock-Mode überführt und so das unkontrollierte Austreten von Laserstrahlung verhindert. Dabei kann die Abschalteneinrichtung 14 vor dem eigentlichen Abschalten des Lasers 3, aber auch während des Abschaltens zusätzlich ein akustisches und/oder optisches Warnsignal abgeben. Über den Sensor 13 erkennt die Abschalteneinrichtung 14 auch, ob überhaupt ein Werkstück 15 vorhanden ist. Auch bei Fehlen des Werkstücks 15 kann der Sensor 13 die mit dem ordnungsgemäßen Erreichen der Arbeitsstellung durch den Laser 3 verbundene Temperaturerhöhung des Werkstücks 15 nicht erfassen. Es versteht sich, daß die Abschalteneinrichtung 14 erst kurze Zeit nach dem Einschalten des Lasers 3 aktiviert wird. Die Verzögerung muß dabei ausreichend

sein, um bei einem in der ordnungsgemäßen Arbeitsstellung befindlichen Laser 3 die übliche Erwärmung des Werkstücks 15 über die vorgegebene Mindesttemperatur durch den Laserstrahl 2 mit dem Sensor 13 abzudecken. Die Abschalteneinrichtung 14 schaltet den Laser auch dann aus, wenn der Sensor 13 eine Temperatur registriert, die eine vorgegebene Höchsttemperatur überschreitet. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn sich das Werkstück 15 im Bereich des auftreffenden Laserstrahls 2 entzündet. Aber auch ungewünscht heiße Betriebsbedingungen beim Bearbeiten des Werkstücks 15 mit dem Laserstrahl 2 können durch das rechtzeitige Abschalten des Lasers 3 verhindert werden.

In Fig. 2 ist eine zweite Ausführungsform der Lasermaschine 1 dargestellt. Wieder sind nur die hier wesentlichen Teile der Lasermaschine 1 wiedergegeben, welche sich wiederum in der Arbeitsstellung befindet. Konkret ist es die Arbeitsstellung einer den Laserstrahl 2 fokussierenden Optik 16, die mit dem Absauggehäuse 5 in der Hauptstreckungsrichtung 4 des Laserstrahls 2 verfahrbar ist. Der Laser 3 kann dabei in dieser Richtung fest vorgesehen sein. Der Laser 3 ist daher in Fig. 2 nur schematisch angedeutet. Unterhalb der im wesentlichen aus einer Sammellinse bestehenden Optik 16 bildet das Absauggehäuse 5 einen auf das Werkstück 15 gerichteten Düsenkörper aus. In das Innere des Düsenkörpers 17 mündet eine Druckluftleitung 18, die mit einer Druckluftpumpe 19 verbunden ist. An seiner Unterseite mündet das Innere des Düsenkörpers 17 in den Absaugraum 9, der hier nach unten durch das Werkstück 15 begrenzt wird. Dabei liegt das Absauggehäuse 5 über elastische Dichtungen 20 an dem Werkstück 15 an. Bei dem Absauggehäuse 5 gemäß Fig. 2 werden die ersten Abschirmelemente 10 im wesentlichen durch den Düsenkörper 17 und die elastische Dichtung 10 und die zweiten Abschirmelemente im wesentlichen durch die den Absaugraum 9 begrenzenden Teile des Absauggehäuses 5 ausgebildet. Die zur Absaugpumpe 7 führende Absaugleitung 6 mündet in dem Absauggehäuse 5 in eine Ringleitung 21, die über Öffnungen 22 mit dem Absaugraum 9 in Verbindung steht. Durch die gezielte Luftführung in dem Absauggehäuse 5 wird ein Beschlagen der Optik 16 mit von dem Laserstrahl 2 freigesetzten Materialdämpfen verhindert. Dabei ist jedoch kein Bestandteil des Absauggehäuses 5 in unmittelbarer Nähe des Auftreffpunkts des Laserstrahls 2 auf das Werkstück 15 vorgesehen. Um dennoch die Temperaturerhöhung in dem Bereich zu überwachen, die dem Auftreffpunkt des Laserstrahls 2 entspricht, wenn sich die Optik 16 in Arbeitsstellung befindet, ist der Sensor 13 als Infrarotsensor ausgebildet. Dabei schließt die Erfassungsrichtung 23 des Infrarotsensors mit der Hauptstreckungsrichtung 4 des Laserstrahls 2 einen Winkel von hier ca. 45° ein. So ist sichergestellt, daß der Sensor 13 den Auftreffpunkt des Laserstrahls 2 auf das Werkstück 15 nur in der ordnungsgemäßen Arbeitsstellung der Optik 16 erfaßt. Außerhalb der Arbeitsstellung registriert der Sensor 13 keine Temperaturerhöhung und führt so über die Abschalteneinrichtung 14 zu einem Abschalten des Lasers 3. Bei übermäßiger Temperaturerhöhung über eine vorgegebene Höchsttemperatur erfolgt ebenfalls ein Abschalten des Lasers 3. In dem Bereich zwischen der Mindesttemperatur und der Höchsttemperatur, innerhalb dessen kein Abschalten des Lasers 3 erfolgt, kann das Signal des Sensors 13 ergänzend zur Einstellung optimaler Betriebsbedingungen der Lasermaschine 1 genutzt werden. Es versteht sich, daß der Infrarotsensor auch eine spezielle Infrarot-Optik auf-

weisen kann, um den Erfassungsbereich des Infrarotsensors auf den Auftreffpunkt des Laserstrahls 2 auf das Werkstück in der Arbeitsstellung der Optik 16 zu fokussieren.

Die Lasermaschine 1 gemäß Fig. 3 entspricht bis auf die Anordnung des Sensors 13 und die Dimensionierung des Absaugraums 9 dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2. Der Absaugraum 9 ist gemäß Fig. 3 besonders klein gehalten, um ein Mattieren des Werkstücks 15 durch kondensierende Materialdämpfe, wie sie von dem Laserstrahl 2 freigesetzt werden, zu verhindern. Um trotzdem eine zuverlässige Abschirmung des Streulichts 12 sicherzustellen, sind separate, senkrecht zur Hauptstreckungsrichtung 4 des Laserstrahls 2 ausgedehnte zweite Abschirmelemente 11 vorgesehen. Der vergleichsweise kleine Absaugraum 9 ermöglicht es, die Temperaturveränderung an dem der Arbeitsstellung der Optik 16 entsprechenden Auftreffpunkt des Laserstrahls 2 auf das Werkstück 15 durch eine Erwärmung der aus dem Absaugraum 9 abgesaugten Luft zu erfassen. Entsprechend ist der Sensor 13 hier in der Ringleitung 21 vorgesehen. Nur wenn sich die Optik 16 mit dem Absauggehäuse 5 in der Arbeitsstellung befindet, wird durch die Öffnungen 22, die Ringleitung 21 und die Absaugleitung 6 angewärmte Luft aus dem Absaugraum 9 angesaugt. Zusätzlich zu dem Sensor 13 ist gemäß Fig. 3 ein UV-Sensor 24 vorgesehen, der ebenfalls mit der Abschalteneinrichtung 14 verbunden ist. Der UV-Sensor registriert das Auftreten von UV-Strahlung, wie sie insbesondere für eine Entzündung des Werkstücks 15 im Bereich des auftreffenden Laserstrahls 2 oder auch das Auftreten sog. Schweißerperlen bei übermäßiger Erhitzung des Werkstücks 15 durch den Laserstrahl 2 charakteristisch ist. In beiden Fällen reagiert die Abschalteneinrichtung 14 auf das Auftreten von UV-Strahlung über einer vorgegebenen Mindestintensität mit einem Abschalten des Lasers 3 in den Interlock-Mode. Zusätzlich kann ein akustisches und/oder optisches Warnsignal abgegeben werden.

Zusätzlich zu oder anstelle des UV-Sensors 24 gemäß Fig. 3 kann die Zuverlässigkeit der Lasermaschine 1 bei einer Temperaturerfassung im Bereich der Abluft dadurch erreicht werden, daß statt der absoluten Temperatur eine geeignete Temperaturdifferenz erfaßt wird. Ein entsprechendes Ausführungsbeispiel ist in Fig. 4 wiedergegeben. Fig. 4 zeigt eine Lasermaschine 1 mit einem Absauggehäuse 5, wie es in etwa dem DE-GM 92 15 287 entspricht. Ringförmig um den ersten Absaugraum 9 ist ein zweiter Absaugraum 25 vorgesehen, der seinerseits durch eine elastische Dichtung 26 in radialer Richtung begrenzt ist. Der Absaugraum 25 steht über Öffnungen 27 ebenfalls mit der Ringleitung 27 in Verbindung. In einer solchen Öffnung 27 ist ein zweiter Sensor 28 vorgesehen, während der erste Sensor 13 in einer Öffnung 22 zwischen dem ersten Absaugraum 9 und der Ringleitung 21 angeordnet ist. Bei beiden Sensoren handelt es sich um Thermoelemente, die gemeinsam in Differenzschaltung betrieben werden. Das Signal beider Thermoelemente entspricht damit der Temperaturdifferenz der aus dem ersten Absaugraum 9 und dem zweiten Absaugraum 25 abgesaugten Luft. Befindet sich die Optik 16 mit dem Absauggehäuse 5 in Arbeitsstellung, wird aus dem Absaugraum 9 solche Luft angesaugt, die im Bereich des Auftreffpunkts des Laserstrahls 2 auf das Werkstück 15 erwärmt wurde. Aus dem Absaugraum 25 wird hingegen ausschließlich nicht erwärmte Luft angesaugt. Entsprechend bildet sich eine leicht meßbare Temperaturdifferenz, d. h. eine

leicht erfaßbare Spannungsdifferenz über den beiden Thermoelementen aus. Diese Temperaturdifferenz bzw. Spannungsdifferenz verschwindet jedoch sofort, sobald die Optik 16 und das Absauggehäuse 5 ihre Arbeitsstellung verlassen. In diesem Fall werden über die Absaugräume 9 und 25 hinsichtlich ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich differierende Luftmengen abgesaugt. Die unter eine vorgegebene Mindesttemperaturdifferenz abfallende Temperaturdifferenz zwischen den Absaugräumen 9 und 25 führt zu einem Abschalten des Lasers 3 durch die Abschalteinrichtung 14. Natürlich ist die Sensoranordnung der Lasermaschine 1 gemäß Fig. 4 auch geeignet, unzulässig hohe Temperaturdifferenzen zwischen dem Absaugraum 9 und dem Absaugraum 25 zu erkennen und entsprechend ein Abschalten des Lasers 3 auszulösen. Hiermit ist eine Erkennung einer Entzündung des Werkstücks möglich. Weiterhin machen sich auch Defekte im Abluftabsaugsystem durch signifikante Veränderungen der unter ordnungsgemäßen Betriebsbedingungen vorliegenden Temperaturdifferenz bemerkbar. So können mit der neuen Lasermaschine auch solche Defekt erkannt und ggfs. durch Abschalten des Lasers 3 berücksichtigt werden.

#### Bezugszeichenliste

- 1 Lasermaschine
- 2 Laserstrahl
- 3 Laser
- 4 Haupterstreckungsrichtung
- 5 Absauggehäuse
- 6 Absaugleitung
- 7 Absaugpumpe
- 8 Austrittsöffnung
- 9 Absaugraum
- 10 Abschirmelement
- 11 Abschirmelement
- 12 Streulicht
- 13 Sensor
- 14 Abschalteinrichtung
- 15 Werkstück
- 16 Optik
- 17 Düsenkörper
- 18 Druckluftleitung
- 19 Druckluftpumpe
- 20 Dichtung
- 21 Ringleitung
- 22 Öffnung
- 23 Erfassungsrichtung
- 24 Uv-Sensor
- 25 Absaugraum
- 26 Dichtung
- 27 Öffnung
- 28 Sensor.

#### Patentansprüche

1. Lasermaschine zur Bearbeitung eines Werkstücks mit einem Laserstrahl, wobei ein den Laserstrahl abgebender Laser und/oder eine den Laserstrahl fokussierende Optik insbesondere in der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls relativ zu dem Werkstück verfahrbar ist und wobei in einer Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik der Laserstrahl vor seinem Auftreffen auf das Werkstück senkrecht zu seiner Haupterstreckungsrichtung durch erste Abschirmelemente ringförmig umgeben ist und von dem Werkstück reflektiertes

Streulicht des Laserstrahls oberhalb des Werkstücks durch senkrecht zu der Haupterstreckungsrichtung des Laserstrahls ausgedehnte zweite Abschirmelemente aufgefangen wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein dem verfahrbaren Laser (3) bzw. der verfahrbaren Optik (16) zugeordneter Sensor (13) zur lokalen Temperaturerfassung in einem örtlich begrenzten Bereich vorgesehen ist, wobei der Auftreffpunkt des Laserstrahls auf das Werkstück (15) nur in der Arbeitsstellung des Lasers (3) bzw. der Optik (16) in den örtlich begrenzten Bereich fällt, und daß eine Abschalteinrichtung (14) für den Laser (3) vorgesehen ist, die den Laser (13) in Abhängigkeit von der von dem Sensor (13) erfaßten Temperatur bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindesttemperatur abschaltet.

2. Lasermaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschalteinrichtung (14) den Laser (3) bei Überschreiten einer vorgegebenen Höchsttemperatur abschaltet.

3. Lasermaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (13) mit dem Laser (3) bzw. der Optik (16) in der Haupterstreckungsrichtung (4) des Laserstrahls (2) verfahren wird und in der Arbeitsstellung des Lasers (3) bzw. der Optik (16) dem Auftreffpunkt des Laserstrahls (2) auf das Werkstück (15) benachbart ist.

4. Lasermaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (13) ein Infrarotsensor ist, dessen Erfassungsrichtung (23) einen Winkel mit der Haupterstreckungsrichtung (4) des Laserstrahls (2) einschließt, der mit dem (3) Laser bzw. der Optik (16) in der Haupterstreckungsrichtung (4) des Laserstrahls (2) verfahren wird und der in der Arbeitsstellung des Lasers (3) bzw. der Optik (16) den Auftreffpunkt des Laserstrahls (2) auf das Werkstück (15) erfaßt.

5. Lasermaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor (13) in einem Absaugraum (9) oder in einer Abluftleitung (22, 21, 6), über die Luft aus einem Absaugraum (9) abgesaugt wird, angeordnet ist, wobei der Laserstrahl (2) durch den Absaugraum (9) auf das Werkstück (15) trifft.

6. Lasermaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß einem zweiten Absaugraum (25) ein zweiter Sensor (28) zugeordnet ist, wobei der zweite Absaugraum (25) neben dem ersten Absaugraum (9) angeordnet ist und wobei die Abschalteinrichtung (14) den Laser (3) in Abhängigkeit von der Differenz der von den beiden Sensoren (13, 28) erfaßten Temperaturen bei Unterschreiten einer vorgegebenen Mindesttemperaturdifferenz abschaltet.

7. Lasermaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu dem Sensor (13) zur Temperaturerfassung ein UV-Sensor (24) zur Registrierung von UV-Strahlung vorgesehen ist, der in der Arbeitsstellung des Lasers (3) bzw. der Optik (16) den Auftreffpunkt des Laserstrahls (2) auf das Werkstück (15) sowie dessen Umgebung erfaßt, und daß die Abschalteinrichtung (14) den Laser (3) beim Auftreten von UV-Strahlung mit einer vorgegebenen Mindestintensität abschaltet.

8. Verfahren zur Steuerung einer Lasermaschine zur Bearbeitung eines Werkstücks mit einem Laserstrahl, wobei die Lasermaschine einen den La-

serstrahl abgebenden Laser und/oder eine den Laserstrahl fokussierende Optik aufweist, wobei der Laser bzw. die Optik insbesondere in der Hauptstreckungsrichtung des Laserstrahls relativ zu dem Werkstück verfahrbar ist und wobei in einer Arbeitsstellung des Lasers bzw. der Optik der Laserstrahl vor seinem Auftreffen auf das Werkstück senkrecht zu seiner Hauptstreckungsrichtung durch erste Abschirmelemente ringförmig umgeben ist und von dem Werkstück reflektiertes Streulicht des Laserstrahls oberhalb des Werkstücks durch senkrecht zu der Hauptstreckungsrichtung des Laserstrahls ausgedehnte zweite Abschirmelemente aufgefangen wird, dadurch gekennzeichnet, daß in einem örtlich begrenzten Bereich eine Temperatur erfaßt wird, wobei der Auftreffpunkt des Laserstrahls (2) auf das Werkstück (15) nur in der Arbeitsstellung des Lasers (3) bzw. der Optik (16) in den örtlich begrenzten Bereich fällt, und daß der Laser (3) abgeschaltet wird, wenn die erfaßte Temperatur eine vorgegebene Mindesttemperatur unterschreitet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (3) abgeschaltet wird, wenn die erfaßte Temperatur eine vorgegebene Höchsttemperatur überschreitet.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Umgebung des Auftreffpunkts des Laserstrahls (2) auf das Werkstück (15) auftretende UV-Strahlung zusätzlich zu der Temperaturerfassung registriert wird und daß der Laser (3) beim Auftreten von UV-Strahlung mit einer vorgegebenen Mindestintensität abgeschaltet wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



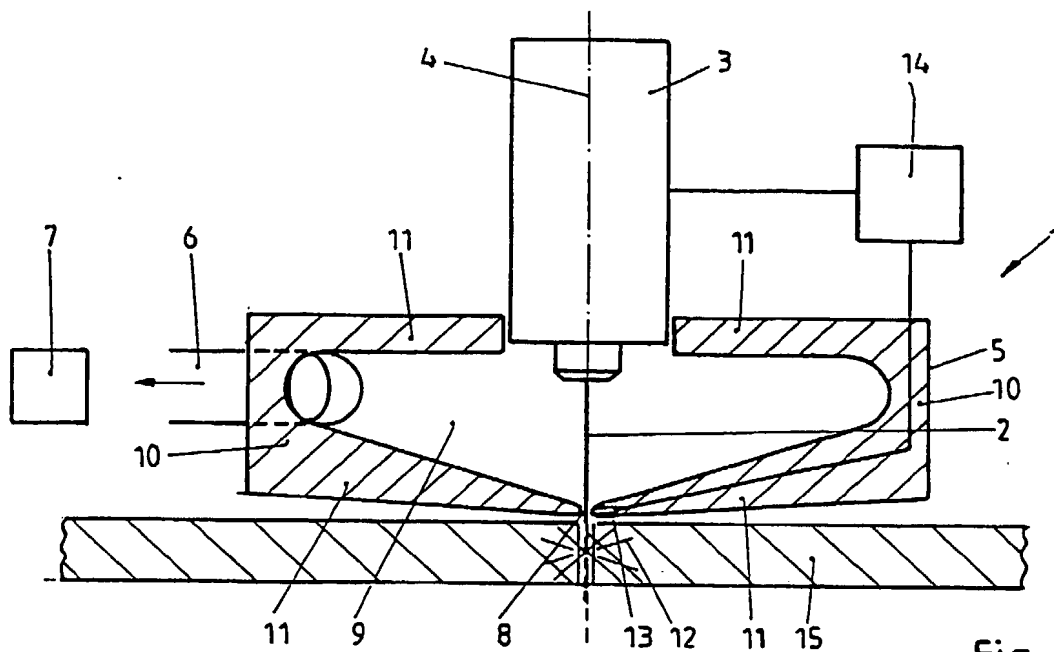


Fig. 1

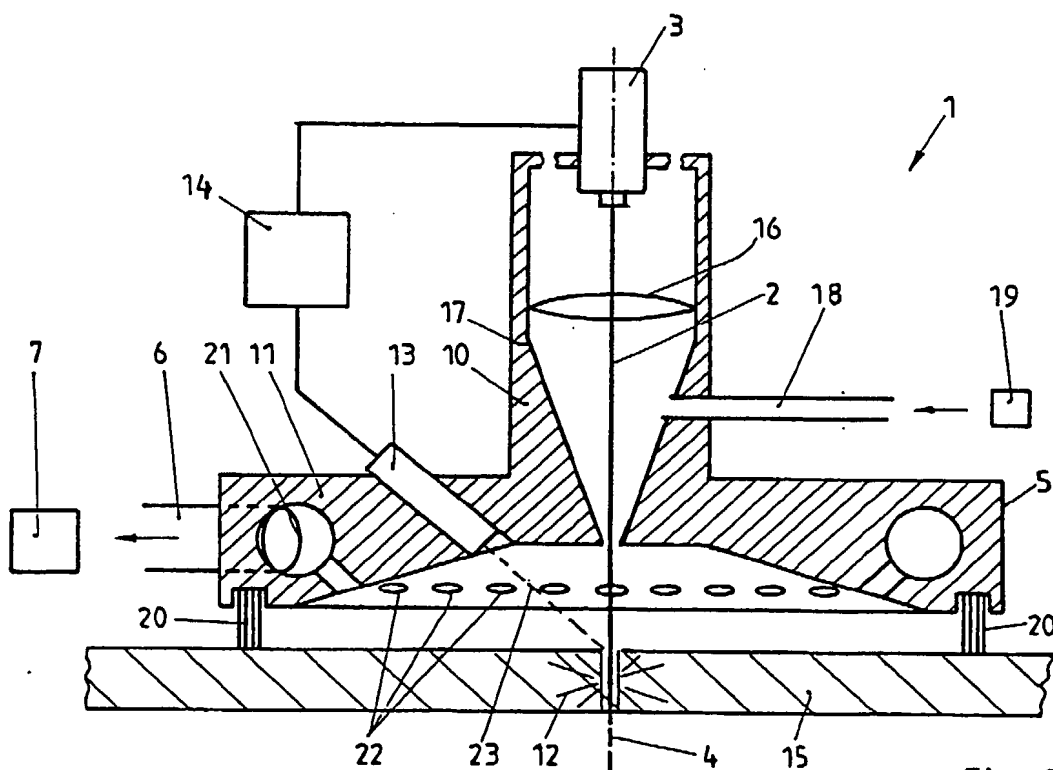


Fig. 2

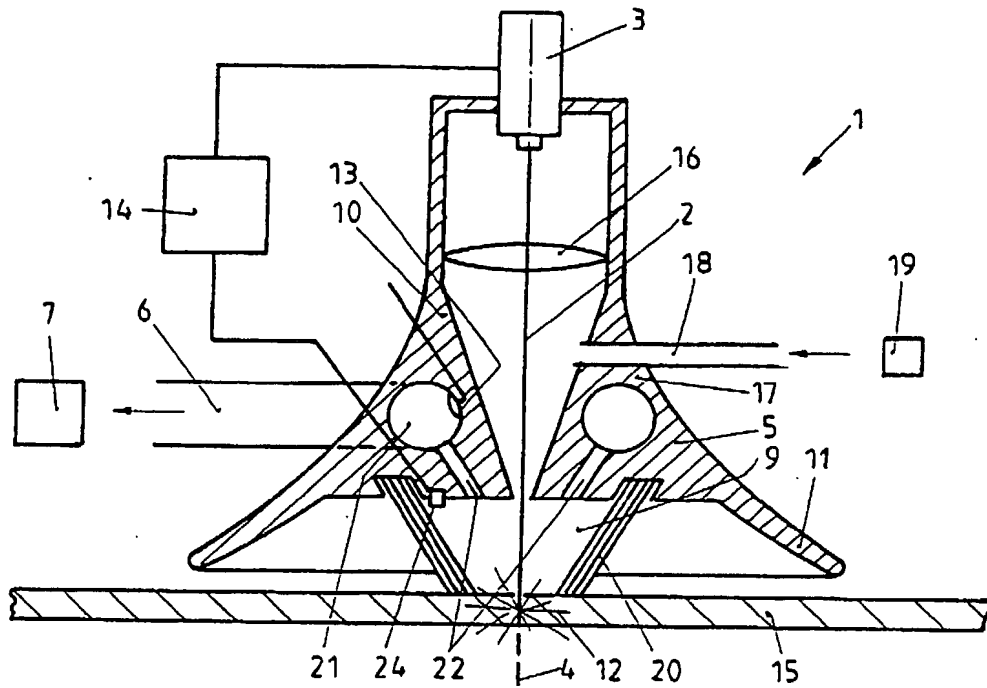


Fig. 3

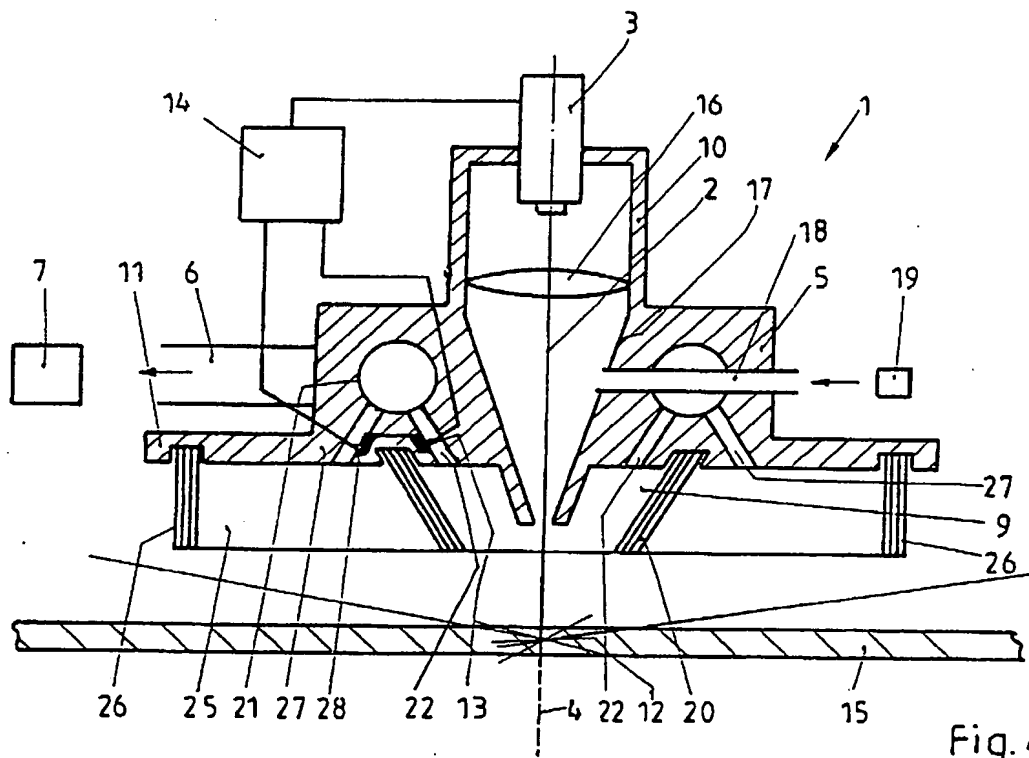


Fig. 4